Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zur instrumentellen Verbesserung der Drahtosteosynthese
- Konstruktion einer Verdrillzange -

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
MANFRED PEUSER
aus München

1983

UNIV.
LEIDEN

Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zur instrumentellen Verbesserung der Drahtosteosynthese
- Konstruktion einer Verdrillzange -

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
MANFRED PEUSER
aus München

1983

Dekan:	Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
2. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Weber

---

gedruckt bei H.- J. Köhler · Reprografischer Betrieb · Tübingen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Anwendungsbereich der Drahtligatur

3. Problemstellung

4. Technische Grundlagen

5. Konstruktion der Drehvorrichtung

6. Handhabung der Ligaturenzange

7. Experimentelle Untersuchungen

7.1 Zugkraft/Drehmomentenverhalten der Drillzange

7.2 Verbindungsdruckkraft einer Drahtnaht

7.3 Prüfung von verschiedenen Drahtverbindungen auf Festigkeit der Verdrillung gegen Aufdrehen

7.4 Optischer Vergleich von herkömmlichen Verdrillungen mit denen der Drillzange

8. Ergebnisse

9. Alternative Konstruktionen

10. Zusammenfassung

11. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Bei meiner ersten Assistenz im Operationskurs mußten Mittelgesichtsfrakturen mittels Drahtverbindungen reponiert und fixiert werden.

Bei der Verdrillung der Drahtenden mit einer Ligaturenzange wurde die Zange manchmal etwas umständlich in der Hand gedreht, wobei mehrere Male der Draht abgedreht wurde und die Fixation wiederholt werden mußte.

Hierbei kam mir der Gedanke, daß man eine Vorrichtung entwickeln müßte, mit der dieser Drillvorgang einfacher und schneller zu bewerkstelligen wäre.

2. Anwendungsbereich von Drahtligaturen

Von besonderem Vorteil ist eine Drehvorrichtung bei allen Drahtnähten und Drahtligaturen. Bei den meisten Mittelgesichtsfrakturen sowie Unterkieferfrakturen findet diese Form der Osteosynthese breite Anwendung.

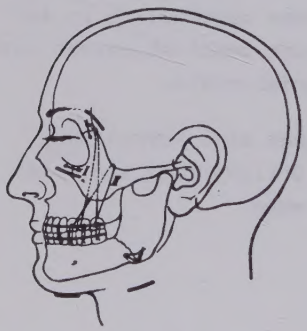


Abb.1: Prinzipien der Drahtnähte am Mittelgesicht und Unterkiefer sowie der Aufhängung am Stirn- bzw. Jochbein (3)

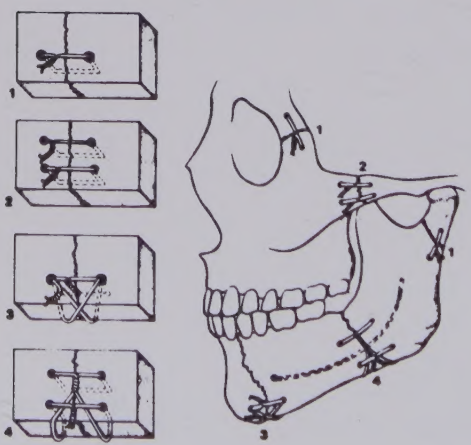


Abb. 2: Verschiedene Drahtnähte zur Osteosynthese: 1= einfache Drahtnaht, 2= doppelte Drahtnaht (Parallelnaht), 3=einfache Drahtnaht, mit einer den Unterkieferrand umschlingenden Achternaht kombiniert, 4= Doppelschlaufennaht nach Brons u. Boehring. (4)

Bei den meisten Kiefer- und Gesichtsfrakturen werden beide Kiefer geschient und miteinander fixiert. Ansonsten werden die Frakturteile mittels einer Drahtnaht oder einer Osteosyntheseplatte verbunden.

In Tübingen wird dabei meistens die Drahtbogen-Kunststoff-Schiene nach Schuchardt verwendet. Hierbei wird jeder Zahn einzeln mit einer Drahtligatur an dem Drahtbogen befestigt. (Abb.3)

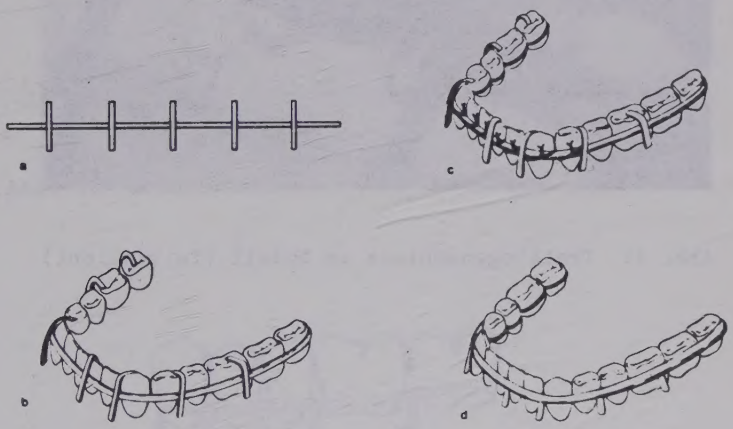


Abb. 3: Drahtbogen-Kunststoff-Schiene nach Schuchardt. a) vorgefertigter weicher Drahtbogen mit Quersprossen; b) angebogener Drahtbogen, die auf der Okklusalfläche liegenden Quersprossen verhindern das Abrutschen der Schiene; c) Einbinden der Drahtschiene mit Einzelligaturen; d) die Schiene ist mit Kunststoff stabilisiert, die okklusalen Quersprossen sind abgetragen.
(4)

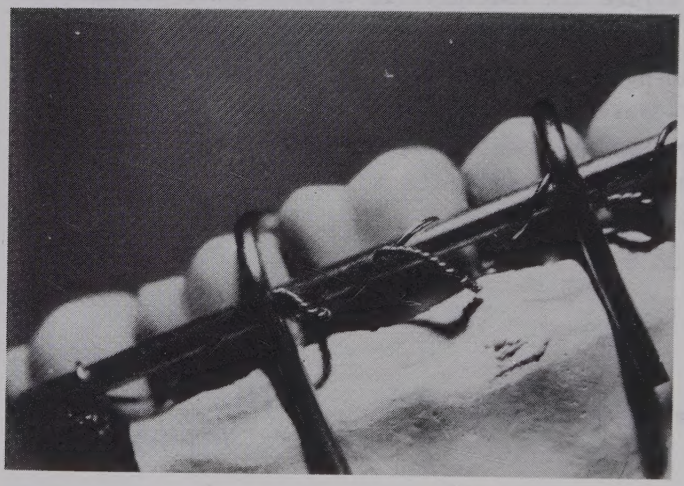


Abb. 4: Drahtbogenschiene am Modell (Teilansicht)

Unter den vielen anderen Schienungsarten seien noch erwähnt, der Drahtschienenverband nach Sauer (Abb. 5); die fortlaufende Ligatur nach Stout (Abb.6).

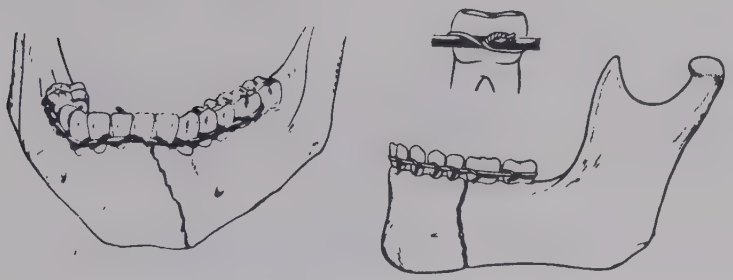


Abb. 5: Drahtschienenverband nach Sauer (4)

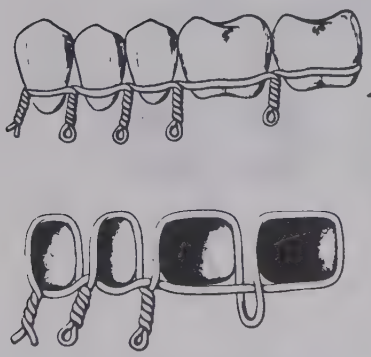


Abb. 6: Fortlaufende Drahtligatur nach Stout (4)

Abb. 7 zeigt Ligaturmöglichkeiten bei der Drahtschiene

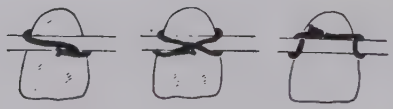


Abb. 7a bis c: Ligaturmöglichkeiten bei der Drahtschiene
Abb. 7a: Einfache Ligatur
Abb. 7b: Kreuzligatur
Abb. 7c: Doppelte Ligatur
(1)

Ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich der Drahtligatur besteht in Notschienungen nach Unfällen (Abb.8)

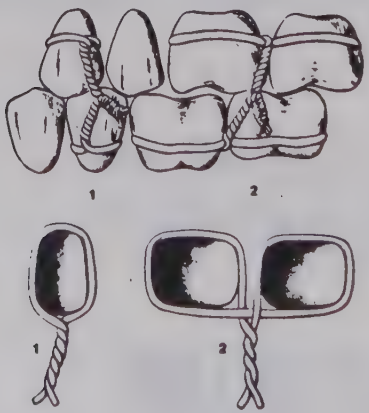


Abb. 8: Einfache Drahtligatur (1) und Achterligatur (2) zur temporären intermaxillären Immobilisation. (4)

Des weiteren kommen auch noch in der Paradontologie provisorische Schienungsverbände zur Anwendung und zwar zur Stabilisation der Zähne bis zum vollständigen Ende der Therapie um eine ungestörte Heilung zu erlauben, sowie zum Ausgleich von Parafunktionen und als Retention eines Parodontalverbandes. (9)

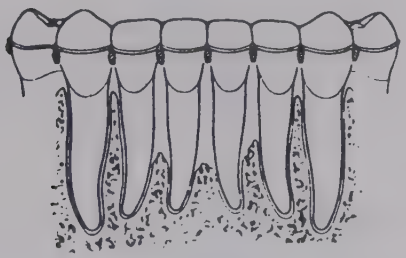


Abb. 9: Nicht nur die betroffenen Zähne sind zu stabilisieren (oben), sie sind auch an den nicht betroffenen Zähnen zu fixieren. (9)

Abgesehen von der Anwendung in der Humanmedizin findet die Drahtligatur auch ihren Platz bei Tierexperimenten und überhaupt in der Tiermedizin. Eine Drillzange kann dabei besonders den Operateuren eine besondere Hilfe sein, die nicht häufig Drahtligaturen legen.

3. Problemstellung

Die übliche Technik bei der Drahtosteosynthese besteht darin, daß die beiden Drahtenden mit einer Ligaturenzange gefaßt werden, die dann in einer Hand durch ständiges Umgreifen der Finger gedreht wird, wobei der Draht verdrillt. Dies erfordert eine gewisse Fingerfertigkeit und ist in ungünstiger Position oft nur schwierig und zum Teil zeitaufwendig durchführbar.
Die Problematik besteht jetzt darin, eine eingeführte Ligaturenzange so mit einer Drehvorrichtung zu versehen, daß die übliche Handhabung nur geringfügig verändert würde, um die Einführung in den OP-Saal und die Praxis zu erleichtern.

Daß man sich zu diesem Problem auch anderweitig Gedanken gemacht hat, beweist ein Firmenprospekt, der eine Zange mit der gleichen Zielsetzung zeigt. Dies ist die Verdrillzange nach Lindorf, Modell Universitätsklinik Erlangen. Sie wird hergestellt durch Helmut Dufner, Fabrik ärztlicher Instrumente in Tuttlingen.

Diese Zange (Abb. 10) besitzt an der Verriegelung einen Ringgriff, durch den man den Zeigefinger steckt und die Zange in taumelnde Drehbewegungen versetzen kann.

Abb. 10: Verdrillzange n. Dr. Lindorf mit Hartmetall-Einlage

Die Überlegung bestand nun darin, eine Zange durch Ziehen einer Drehwendel in Rotation zu versetzen. Das hätte die folgenden Vorteile:

- kontinuierliche Drehbewegung
- gleichmäßige Verdrillung
- Schnelligkeit der Ausführung

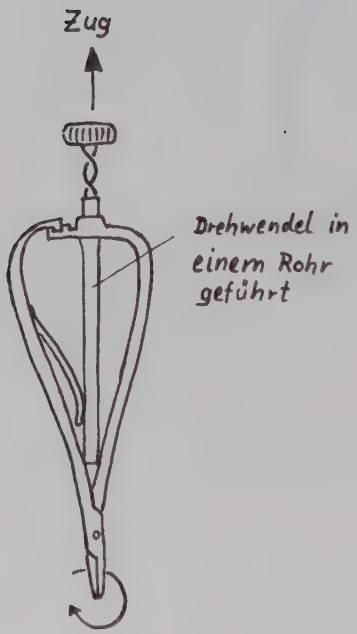


Abb. 11: Prinzipskizze zur Funktion der Drillzange

4. Technische Grundlagen

Bei diesem Prinzip wird ein Wendel durch eine Führung an der Zange gezogen und die Zugkraft in ein Drehmoment übergeführt. Die Führung gleitet dabei an der schiefen Ebene der Wendel ab.

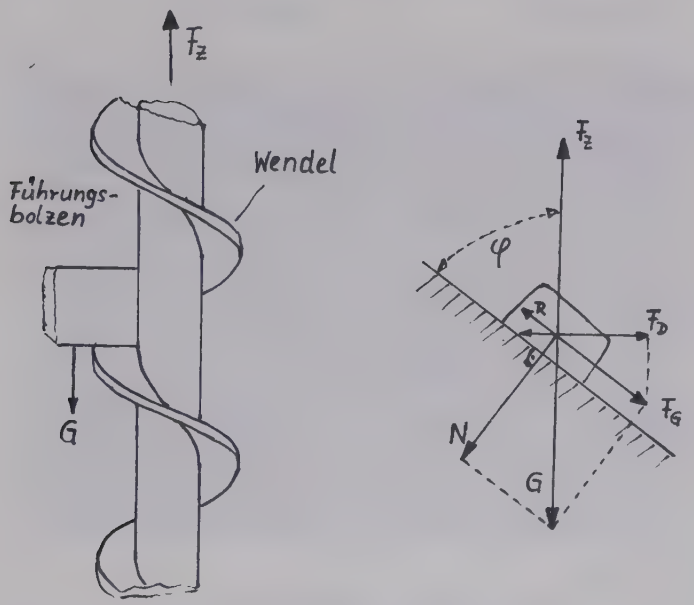


Abb. 12: Kräfte bei einer Drehwendel mit Führung

Die Zugkraft F_Z an der Wendel hat die Gegenkraft G, zerlegt in eine Normalkraft N und eine Gleitkraft F_G. Die Bewegung wird von einer Reibungskraft $R=N\cdot\varepsilon$ gebremst. (7)

In der Umfangsrichtung wirken auf Grund des Steigungswinkel $\alpha = 90^\circ - \varphi$ die Kräfte F_D und R_D

$$N=F_Z\cdot\sin\varphi \qquad R_{D=}=R\cdot\sin\varphi$$

$$F_G=F_Z\cdot\cos\varphi \qquad F_D=F_G\cdot\sin\varphi$$

Es resultiert die Drehkraft

$$\begin{aligned} D &= F_D - R_D \\ &= F_G\cdot\sin\varphi - N\cdot\varepsilon\cdot\sin\varphi \\ &= F_Z\cdot\cos\varphi\cdot\sin\varphi - F_Z\cdot\sin\varphi\cdot\varepsilon\cdot\sin\varphi \end{aligned}$$

die mit dem Wendeldurchmesser zum resultierenden Drehmoment

$$M = D\cdot d$$

führt,

oder
$$\begin{aligned} M &= (F_Z\cdot\sin\varphi\cdot\cos\varphi - \varepsilon\cdot F_Z\cdot\sin^2\varphi)\cdot d \\ &= F_Z\cdot(\sin\varphi\cdot\cos\varphi - \varepsilon\cdot\sin^2\varphi)\cdot d \end{aligned}$$

mit der Umwandlung von $\sin\varphi$ und $\cos\varphi$ in $\tan\varphi$ (8)
ergibt sich

$$M = F_Z\cdot\left(\frac{\tan\varphi - \varepsilon\cdot\tan^2\varphi}{1 + \tan^2\varphi}\right)\cdot d$$

oder mit w = Windungszahl/Länge und $\tan\varphi = d\cdot\pi\cdot w$

$$M = F_Z\cdot\left(\frac{d\cdot\pi\cdot w - \varepsilon\cdot(d\cdot\pi\cdot w)^2}{1 + (d\cdot\pi\cdot w)^2}\right)\cdot d$$

bei vernachlässigbarer Reibung d.h. $\varepsilon = 0$ ergibt sich

$$M = d\cdot F_Z\cdot\frac{d\cdot\pi\cdot w}{1 + (d\cdot\pi\cdot w)^2}$$

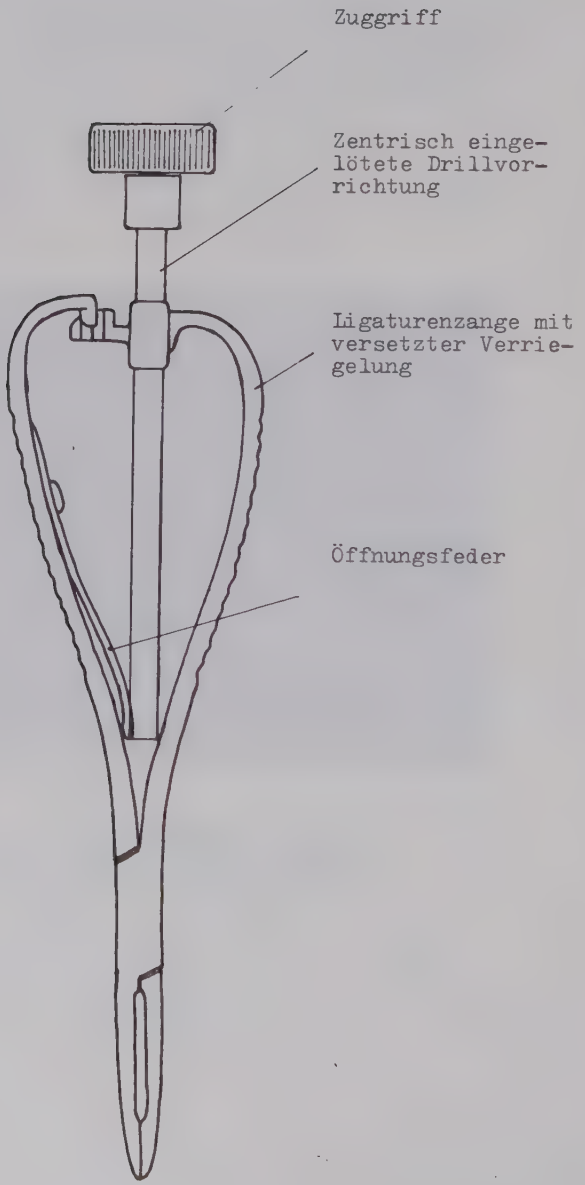
5. Konstruktion der Drehvorrichtung

Bei der Konstruktion kam es darauf an, eine eingeführte Ligaturenzange (z.B. DP 385 von der Fa. Äskulap) nur geringfügig zu modifizieren, so daß das Handhabungsgefühl nur wenig verändert ist.

Die Zange wird nach dem Fassen der beiden Drahtenden durch Ziehen einer Wendel in Rotation versetzt und verdrillt den Draht in 1 - 2 Sekunden.

Abb. 13: Prototyp der Drillzange, hier die Ligaturenzange DP 385 von Äskulap, in die eine Drehvorrichtung eingearbeitet wurde.

Abb. 14: Konstruktionszeichnung



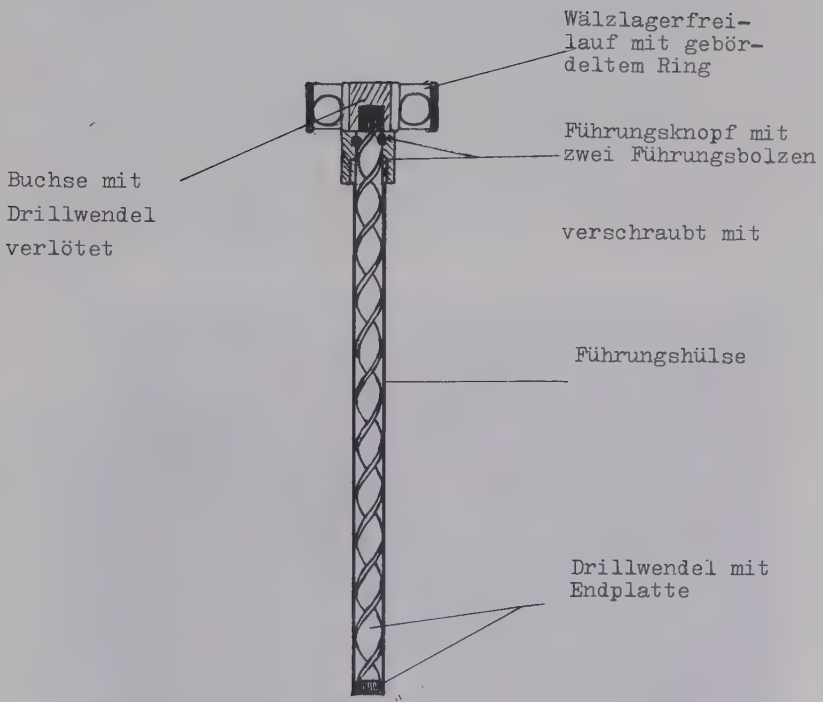


Abb. 15: Schnitt durch die Drehvorrichtung

Die Rückstellfeder mußte angebracht werden, da ohne sie die Zange nur ungeschickt geöffnet werden kann.

In den Verriegelungsteil der einen Branche wurde ein kurzes Rohrstück eingelötet und in dieses wiederum die Drillvorrichtung. Sie besteht aus einem Edelstahlrohr (Wandstärke 0,3 mm mit einem Innendurchmesser von 5 mm bzw. 6 mm), darin wird eine Wendel geführt. Diese hat eine Verdrillung von einer Umdrehung auf 18 bzw. 22 mm Länge. Die Herstellung einer Wendel ist schwierig, da dazu Spezialmaschinen notwendig sind. Für die Prototypenzange habe ich einen 5mm bzw. 6 mm breiten Edelstahlblechstreifen (1mm dick) in Handarbeit verdreht und dann poliert. (Abb. 16)

Abb. 16: Handgefertigte Wendel

Die Zugkraft wird über zwei Führungsbolzen in ein Drehmoment auf die Zange übertragen. Zur Rückstellung der Wendel ist im Zuggriff ein einseitiger Wälzlagerfreilauf eingebaut, der wie eine Ratsche wirkt. Dieser Wälzlagerfreilauf (Type CSK 8 von der Fa. Stieber-Präzision in 8041 Oberschleißheim), besitzt einzeln angefederte Klemmkörper in einem gemeinsamen Käfig mit den Lagerkugeln. Er ist temperaturbeständig bis 140°C. (6)

Eine weitere Modifikation wurde so konstruiert, daß vor dem Zuggriff eine Gleithülse aus Teflon angebracht wurde, um mit der anderen Hand dort die Zange festzuhalten und um damit die Zugkraft von den zu verbindenden Teilen fernzuhalten.

Statt dem Wälzlagerfreilauf wurde hier dem Zuggriff eine drehbare Kappe aufgesetzt.

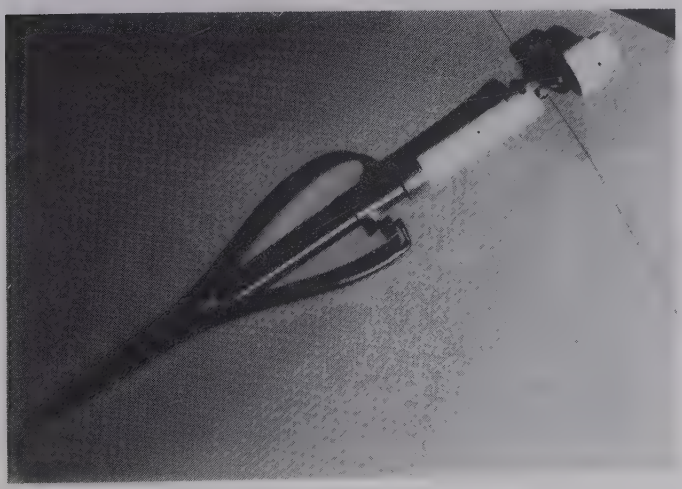


Abb. 17: Drillzange mit Gleithülse aus Teflon

6. Handhabung der Ligaturenzangen

Um zwei Drahtenden zu verdrillen, faßt man sie in üblicher Weise mit der Zange und verriegelt diese, dann läßt man die Zange in der Hand durchgleiten bis man den gebördelten Endknopf zu fassen bekommt und zieht damit die Wendel aus der Führungshülse, wobei die Zange in Rotation versetzt wird.

In der Endstellung umfaßt man mit der anderen Hand die Zange ganz vorne und schiebt die Wendel wieder zurück und wiederholt diesen Vorgang falls erforderlich. Mit einem Zug werden 4 bzw. 5 Verwindungen erzeugt.

Die folgende Bildserie zeigt diesen Bewegungsvorgang.

Abb. 18: Fassen der Drahtenden mit der Drillzange

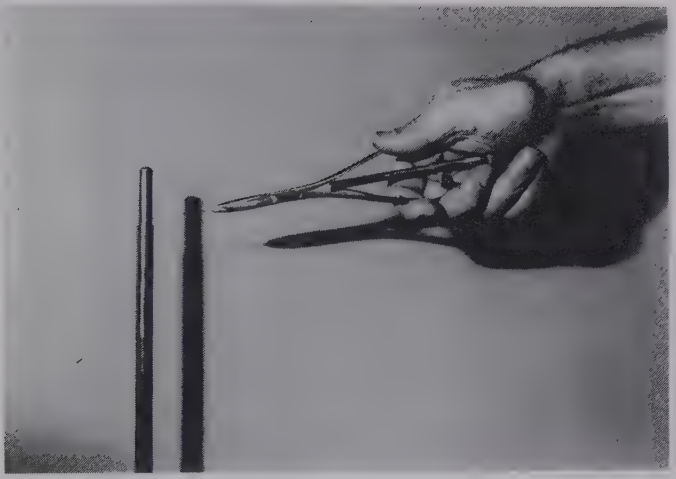


Abb. 19: Zange durch die Hand gleiten lassen

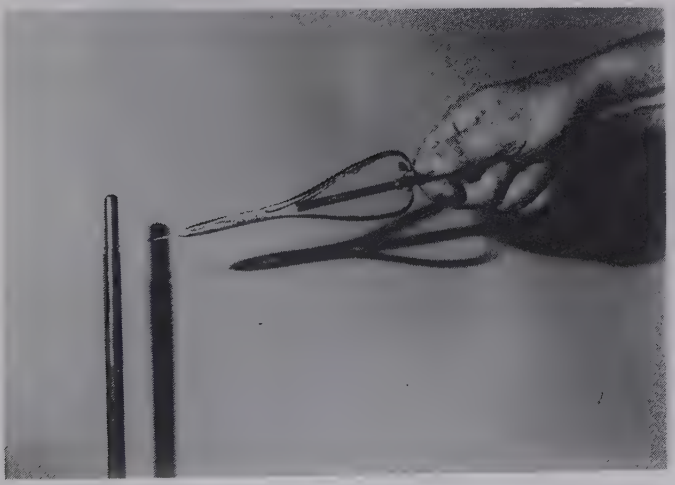


Abb. 20: Fassen des Zuggriffes

Abb. 21: Zug am Griff versetzt die Zange in Rotation

Abb. 22: Festhalten der Zange mit der anderen Hand

Abb. 23: Zurückschieben der Wendel

Abb. 24: Falls erforderlich, nochmals Ziehen

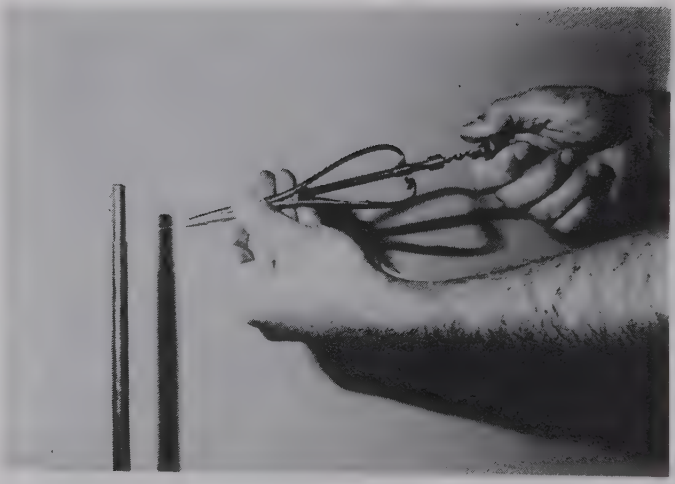


Abb. 25: Weitere Verdrillung durch Ziehen am Zuggriff

Abb. 26: Ende der Verdrillung

Handhabung der Zange mit einer Gleithülse

Abb. 27: Verriegeln der Zange

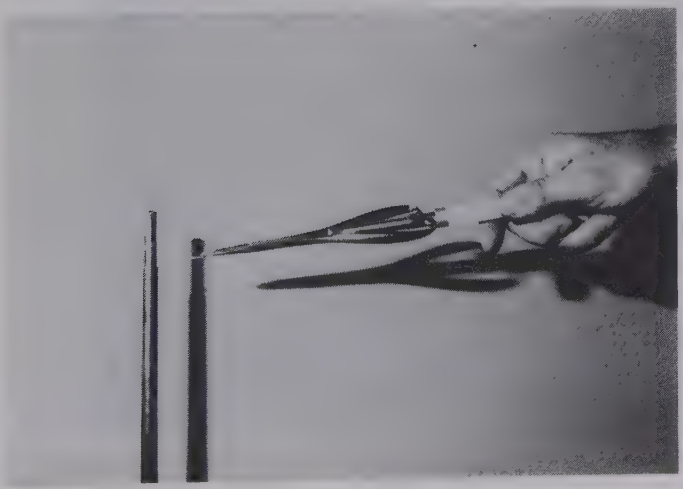


Abb. 28: Zurückgleiten der Hand und Fassen des Zuggriffes

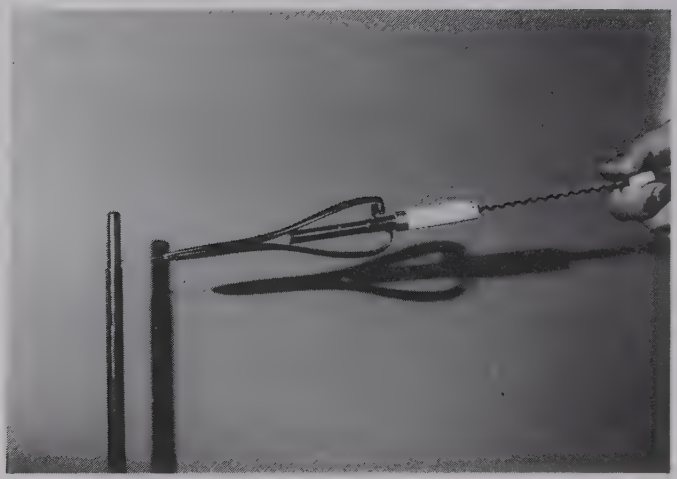


Abb. 29: Rotation der Zange durch Ziehen der Wendel

Abb. 30: Fassen der Gleithülse

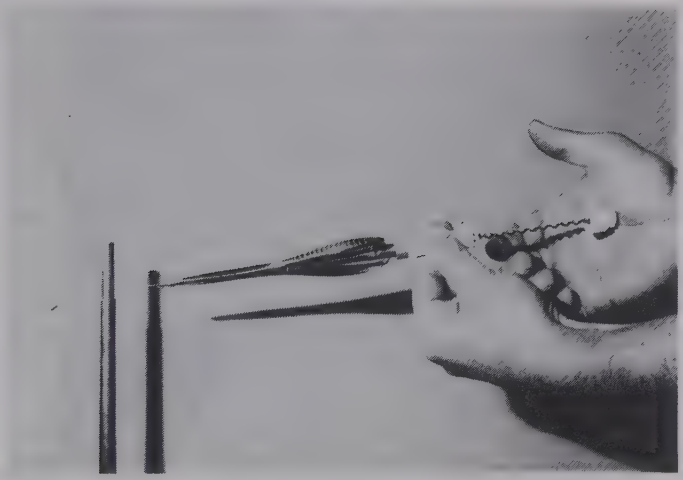


Abb. 31: Zurückschieben des Zuggriffes

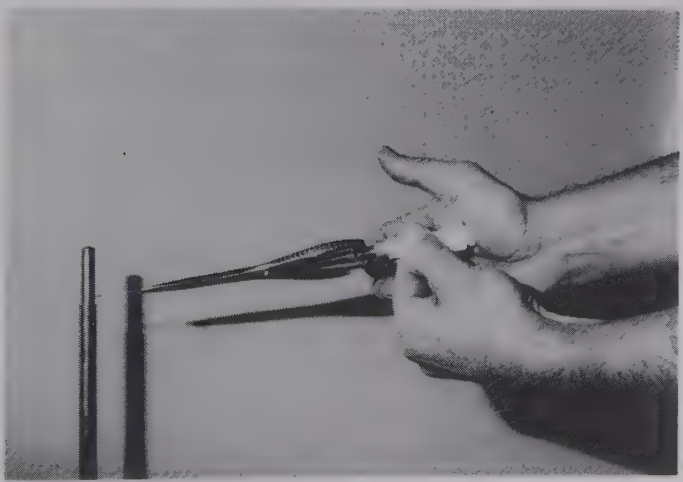


Abb. 32: Vollständig zurückgeschobene Wendel

Abb. 33: Zur Verringerung der Zugkräfte auf die Frakturteile kann die Zange an der Gleithülse während der Drillung gehalten werden.

7. Experimentelle Untersuchungen

Um die Wirkung der Zange besser bewerten zu können, wurden verschiedene Untersuchungen angestellt, und zwar im Hinblick auf das Drehmoment bei verschiedenen Wendeln, auf die Druckwirkung einer Drahtnaht sowie auf die Festigkeit der Verdrillung gegen das Aufdrehen unter Zug.

7.1 Zugkraft/Drehmomentenverhalten der Zangen

Von besonderem Interesse war zunächst das Zugkraft/Drehmomentenverhalten der Zange. Um die ideale Abhängigkeit des Drehmomentes von der Zugkraft zu ermitteln, wurde zunächst eine Versuchsvorrichtung aufgebaut (Abb. 34) und dabei durch Rütteln der Vorrichtung die Haftreibung möglichst ausgeschaltet.

Für die drei Zangen wurden dabei die Diagramme 1 - 3 ermittelt.

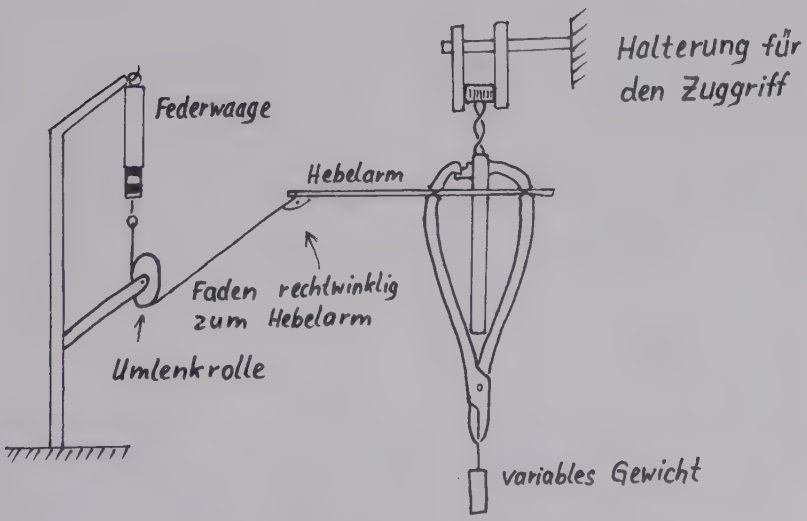
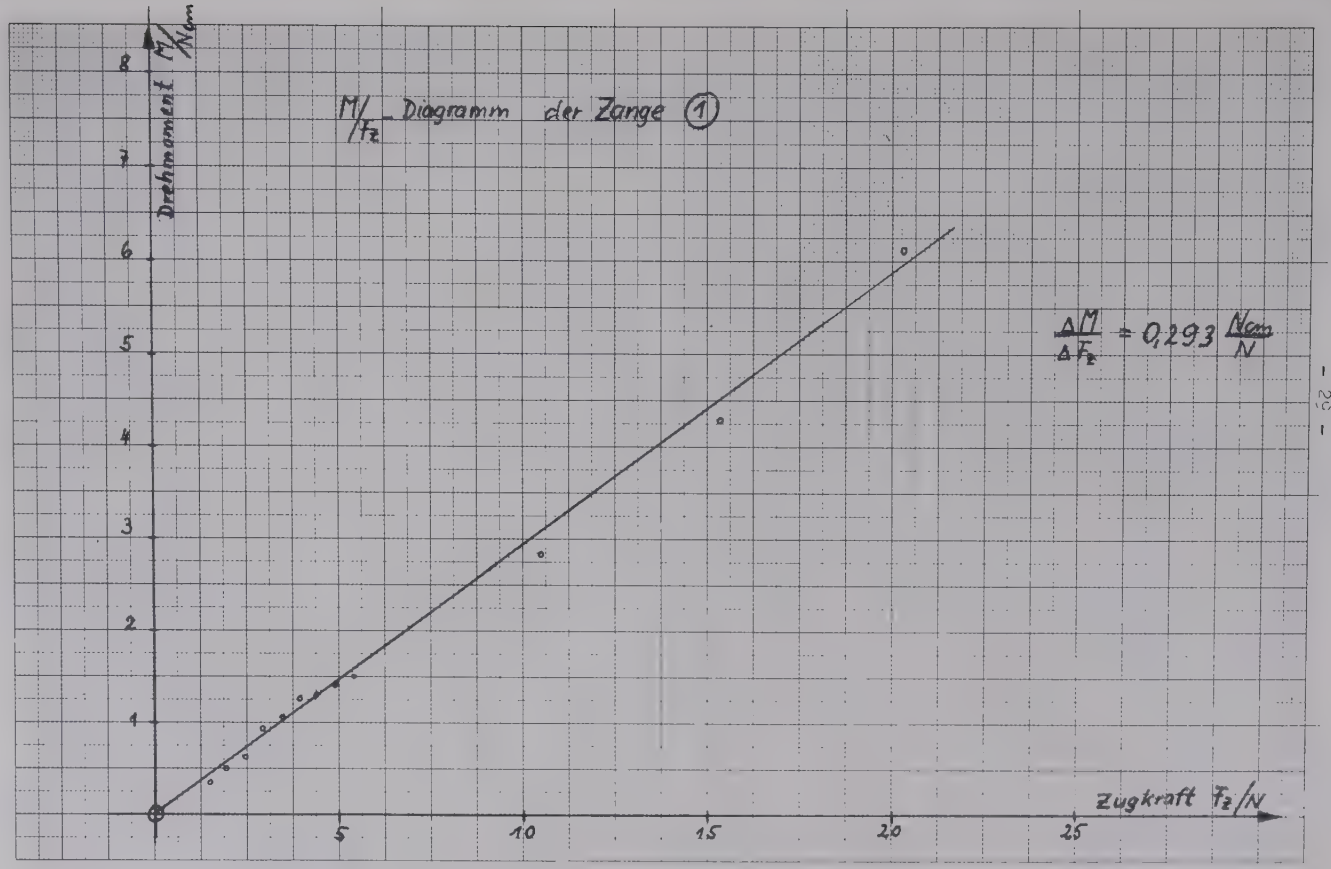


Abb. 34: Versuchsaufbau zur Messung der Drehkraft

Zange 1:

- Wendeldurchmesser = 6mm
- Windungszahl/Länge = 3/64 mm
- Gewicht = 0,69 N
- Hebelarm bei der Drehmomentenmessung= 10,5 cm

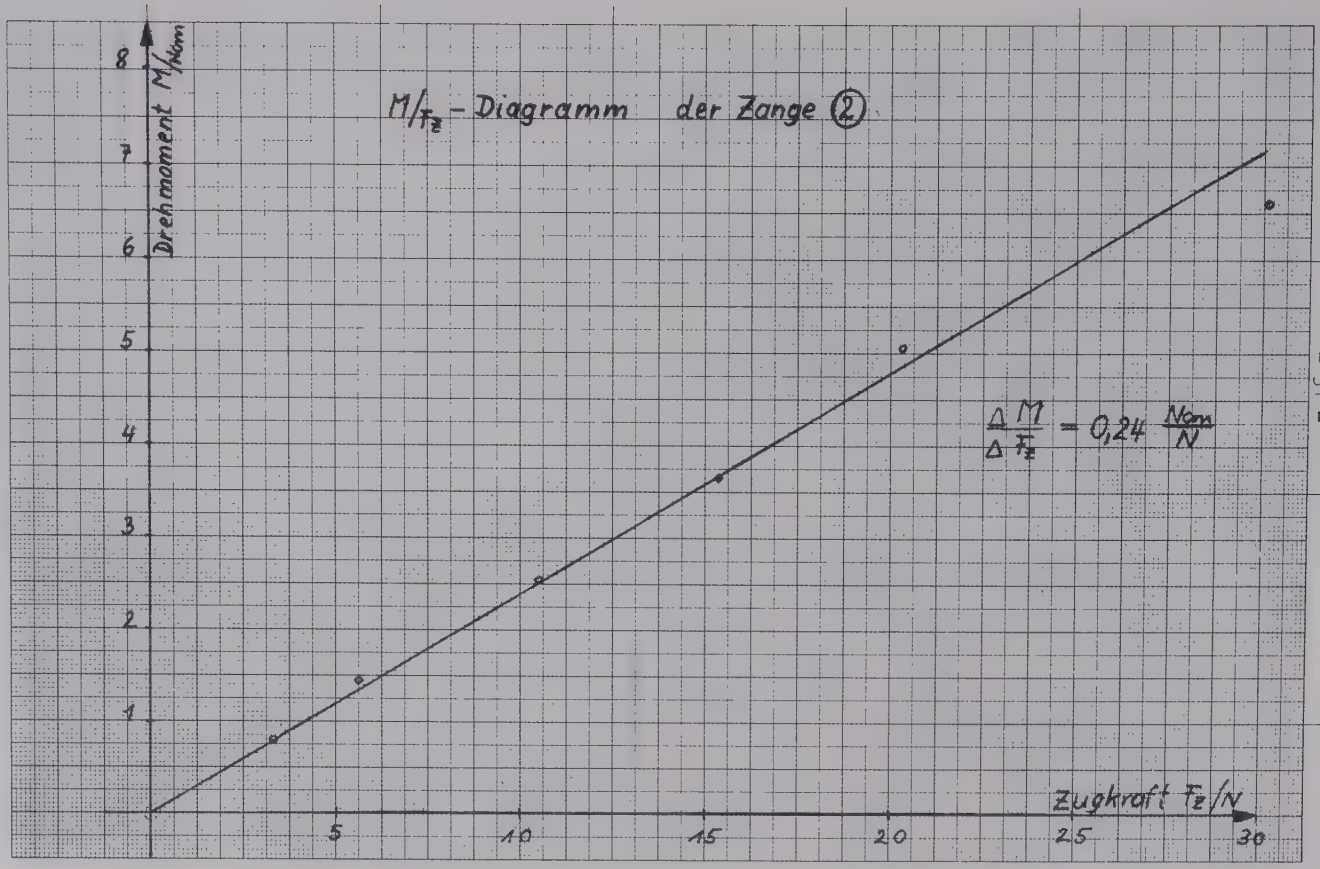
Zugkraft F_Z in N	Drehkraft F_M in N	Drehmoment M = $F_M \cdot 10{,}5$ cm in N cm
1,47	0,035	0,367
1,96	0,047	0,493
2,45	0,060	0,630
2,94	0,088	0,924
3,43	0,100	1,05
3,92	0,120	1,26
4,41	0,125	1,31
4,90	0,135	1,42
5,40	0,142	1,49
10,50	0,270	2,84
15,40	0,410	4,30
20,30	0,585	6,14
30,12	0,875	9,19


M/Fz - Diagramm der Zange (1)
Drehmoment M/Ncm
8
7
6
5
4
3
2
1
5
10
15
20
25
Zugkraft Fz/N
ΔM/ΔFz = 0,293 Ncm/N

Zange 2:

- Wendeldurchmesser = 5 mm
- Windungszahl/Länge = 3/53 mm
- Gewicht = 0,7 N
- Hebelarm bei der Drehmomentenmessung = 10 cm

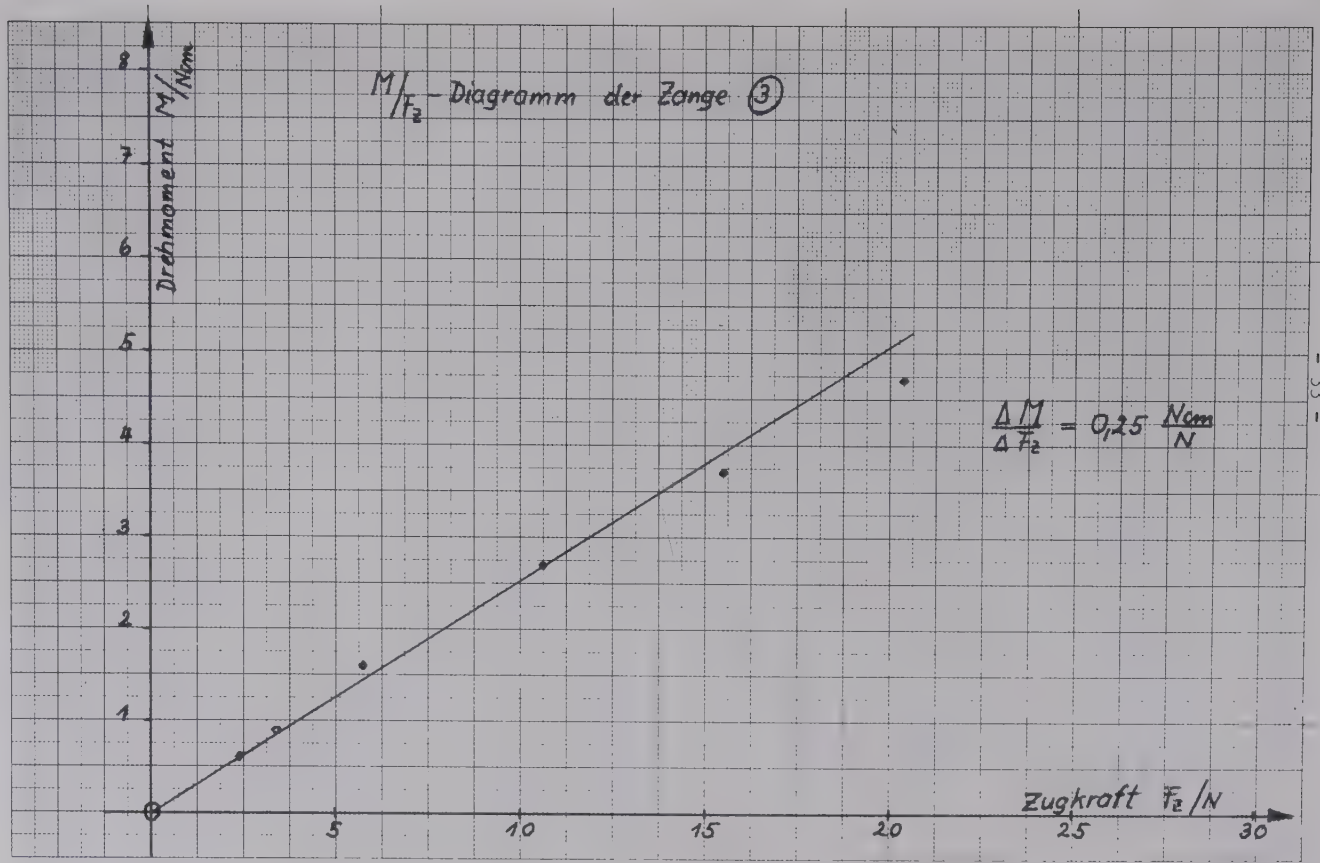
Zugkraft F_Z in N	Drehkraft F_M in N	Drehmoment M in N cm
3,33	0,080	0,80
5,59	0,145	1,45
10,50	0,255	2,55
15,40	0,365	3,65
20,30	0,505	5,05
30,12	0,660	6,60


M/Fz - Diagramm der Zange ②
Drehmoment M/Ncm
8
7
6
5
4
3
2
1
Zugkraft Fz/N
5
10
15
20
25
30
ΔM/ΔFz = 0,24 Ncm/N

Zange 3:

- Wendeldurchmesser = 5 mm
- Windungszahl/Länge = 5/82 mm
- Gewicht = 0,83 N
- Hebelarm bei der Drehmomentenmessung = 10 cm

Zugkraft F_Z in N	Drehkraft F_M in N	Drehmoment M in N cm
2,37	0,06	0,6
3,36	0,09	0,9
5,71	0,16	1,6
10,61	0,27	2,7
15,52	0,37	3,7
20,42	0,47	4,7

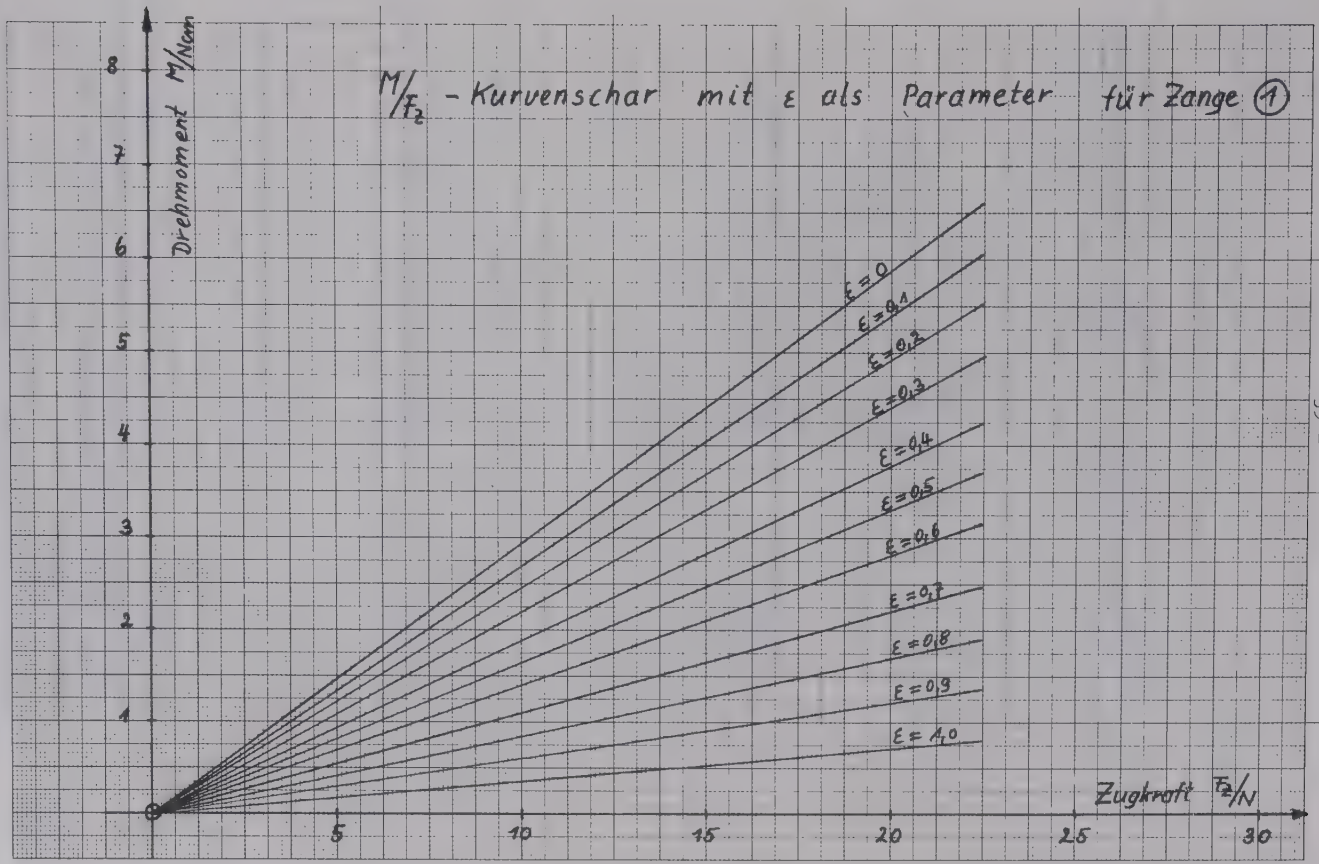

M/F₂ – Diagramm der Zange (3)
Drehmoment M/Ncm
8
7
6
5
4
3
2
1
5
10
15
20
25
30
Zugkraft F₂/N
ΔM/ΔF₂ = 0,25 Ncm/N

Die experimentell ermittelten Verhältniswerte von $\Delta M / \Delta F_Z$ stimmen recht gut mit den rechnerisch ermittelten Werten überein, d.h. bei $\varepsilon = 0$ (keine Reibung)

	$\Delta M / \Delta F_Z$ experimentell	$\Delta M / \Delta F_Z$ rechnerisch
Zange 1	0,293 $\frac{Ncm}{N}$	0,297 $\frac{Ncm}{N}$
Zange 2	0,24 $\frac{Ncm}{N}$	0,248 $\frac{Ncm}{N}$
Zange 3	0,25 $\frac{Ncm}{N}$	0,249 $\frac{Ncm}{N}$

In der Bewegung ist die Reibung bei den Prototypenzangen noch relativ groß ($\varepsilon \approx 0{,}1 - 0{,}2$), bei industrieller Fertigung läßt sich der Wert jedoch erheblich senken.

Den Einfluß von ε als Parameter zeigt eine Kurvenschar am Beispiel der Zange 1 in folgendem Diagramm.


M/F₂ - Kurvenschar mit ε als Parameter für Zange ①
Drehmoment M/Nm
8
7
6
5
4
3
2
1
ε = 0
ε = 0,1
ε = 0,2
ε = 0,3
ε = 0,4
ε = 0,5
ε = 0,6
ε = 0,7
ε = 0,8
ε = 0,9
ε = 1,0
5
10
15
20
25
30
Zugkraft F₂/N

7.2 Verbindungsdruckkraft einer Drahtnaht

Um festzustellen, wie stark die zu verbindenden Frakturteile durch eine Drahtligatur zusammengepreßt werden, wurde die folgende Meßvorrichtung aufgebaut.

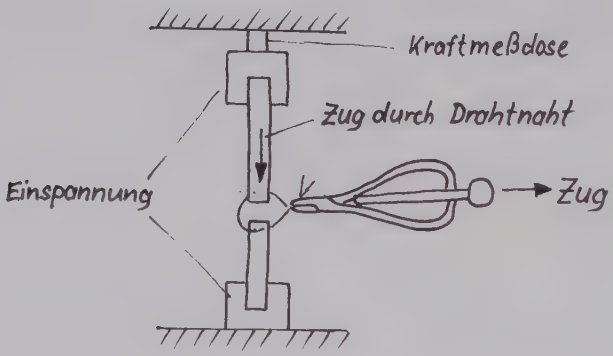


Abb. 35: Versuchsaufbau zur Messung der Preßkraft durch eine Drahtnaht

Dabei wurden zwei Plexiglasprofile (20 mm x 75 mm x 5 mm) mit einer Drahtligatur verbunden (0,4 mm). Das untere Profil war fest eingespannt, das obere über eine Kraftmeßdose.

Die Drahtverbindung wurde solange gedreht, bis der Draht abriß, die jeweilige Höchstlast wurde gemessen. Die Werte streuten stark, jedoch bei 10 Versuchen ergab sich ein Mittelwert von 18 N.

Da normalerweise die Verdrillung nicht bis zum Abdrehen des Drahtes ausgeführt wird, bedeutet dies, daß bei einer einfachen Drahtnaht die Frakturteile mit wenigstens 10 N zusammengepreßt werden.

Die Zugkraft an der Zange beträgt bei der Verdrillung eines weichen Stahldrahtes (0,4 mm) ca. 5 - 10 N.

7.3 Experimentelle Prüfung der verschiedenen Drahtverbindungen auf Festigkeit der Verdrillung gegen Aufdrehen

Es wurden 5 Probeverbindungen ausgewählt entsprechend den Zugversuchen von Schwenzer (1) an handverdrehten Drahtverbindungen.
(Abb. 36)

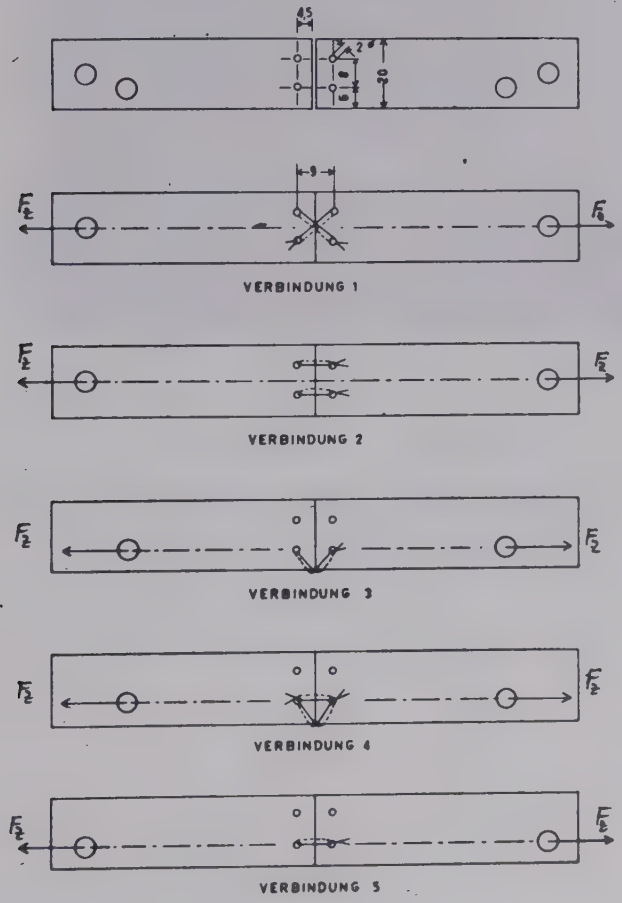


Abb. 36: Schematische Darstellung der auf Zug geprüften verschiedenen Drahtverbindungen aus Schwenzer (1).

Abweichend von Schwenzer wurden statt Flachprofilen aus weichem Stahl (St 37) solche aus Plexiglas verwendet. (Abb. 37)

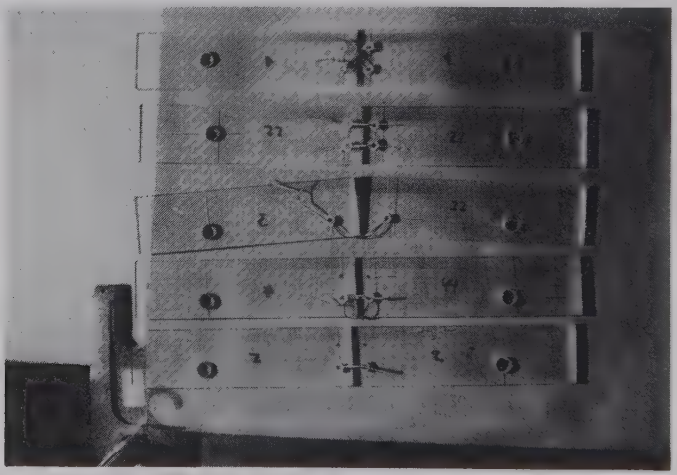


Abb. 37: Testverbindungen

Material und Methode:

Die Drahtverbindungen entsprechen der Anwendung bei Bruchfragmenten am menschlichen Unterkiefer (Abb. 38).

Abb. 38:

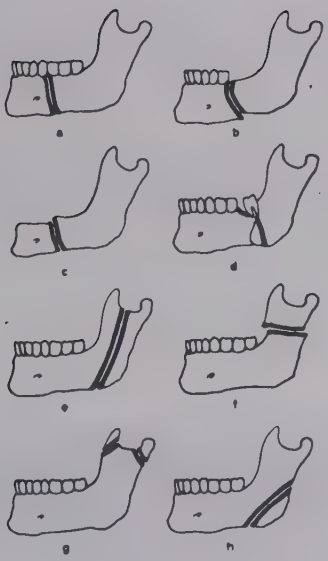


Abb. 38: Frakturtypen am Unterkiefer
a) Fraktur innerhalb der Zahnreihe;
b) Fraktur hinter dem letzten vorhandenen Zahn;
c) Fraktur des zahnlosen Unterkiefers;
d) Fraktur in Kieferwinkelbereich;
e) Längsfraktur des aufsteigenden Astes;
f) Querfraktur des aufsteigenden Astes;
g) Fraktur des Processus muscularis und articularis;
h) Schrägfraktur des aufsteigenden Astes;
aus Schwenzer (1)

Die Versuche wurden mit zwei Flachprofilen 5 mm x 20 mm x 75 mm aus Plexiglas durchgeführt, die mit 2 Löchern von 2 mm Durchmesser für die Drahtverbindung versehen sind (siehe Abb. 39).

Die Bohrlöcher sind angesenkt. Bei der Verbindung wurden die Drahtenden mit der Drillzange so weit verdreht, daß bei weiteren 6 - 8 Umdrehungen der Draht reißen würde.

Die verdrehten Drahtenden wurden nicht in das Bohrloch geschoben, wie es in der Praxis üblich ist. Es wurde die Last ermittelt, bei der die Verdrillung sich aufzudrehen beginnt.

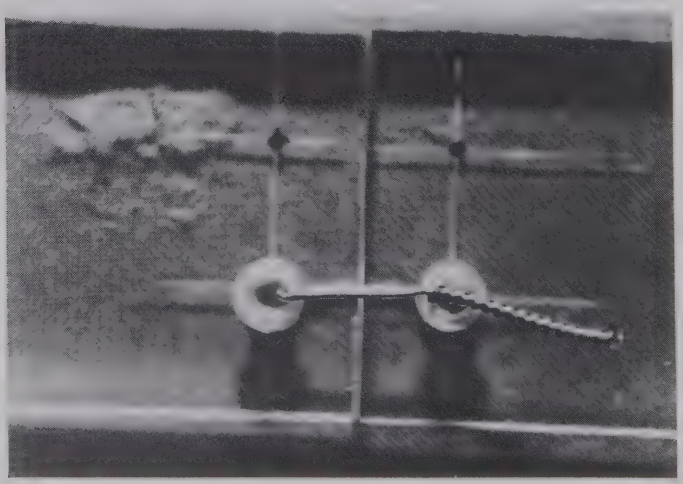


Abb. 39: Photo der Verbindung Nr. 5

Die Zugversuche wurden auf einem Zugprüfstand der Fa. Otto Wolpert-Werke, Ludwigshafen, Type: Testotron, mit dem Anzeigenbereich 0 - 500 N bei einer Drehungsgeschwindigkeit von 30 mm/min ermittelt.

Der Draht ist ein austenitischer Chromnickelstahldraht mit der Bezeichnung X5 CrNiMo 18/12 nach DIN 17006 mit der Handelsbezeichnung WIPLA von der Fa. Krupp Widia-Fabrik.
(3)

Ergebnisse:

Verbindungsart Nr. n. Abb. 36	Drahtdurchmesser mm	Last beim Aufdrehen des Drahtes in N bei Versuch a	b	c	Mittelwert in N	von Schwenzer ermittelte Werte in N
1	0,4	180	150	190	173	150
2	0,4	220	225	210	218	150
3	0,4	95	95	110	100	60
4	0,4	170	170	180	173	150
5	0,4	105	95	100	100	90

7.4 Optischer Vergleich von herkömmlichen (links) Verdrillungen mit der mechanischen Verdrillung (rechts).

Die folgenden Bilder zeigen die Unterschiede in eindrucksvoller Weise.

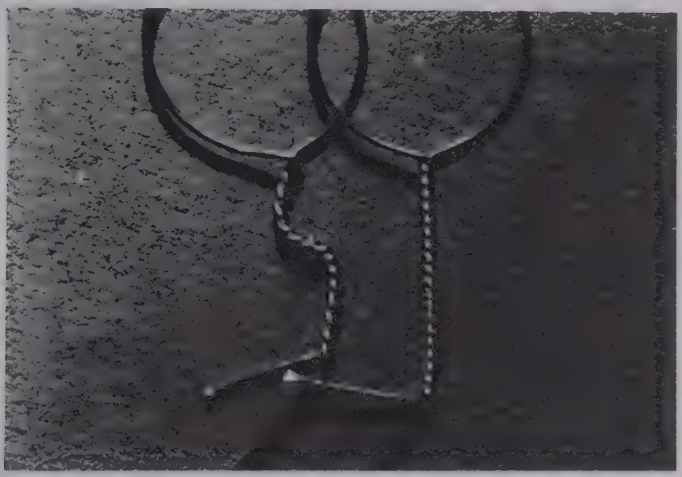


Abb. 40: links normale Verdrillung, rechts Verdrillung mit Drillzange

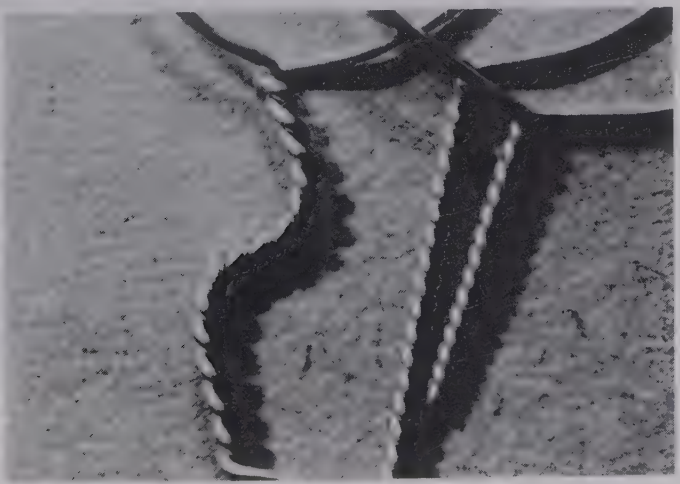


Abb. 41: vergrößerte Aufnahme von obigen Verdrillungen

8. Ergebnisse:

Die Umsetzung des Zuges in eine Drehung erfolgt bei einem weichen Stahldraht der Stärke 0,4 mm mit einer Zugkraft von 5 - 10 N. Diese Kraft ist abhängig von der Steigung der Wendel und der Reibung an den Führungsbolzen. Durch eine größere Steigung ließe sich die Zugkraft reduzieren, aber bei gleichzeitig weniger ausgeführten Windungen. Die Reibung läßt sich bei industrieller Fertigung und mit Sintermetallen bei den Führungsbolzen sicherlich noch reduzieren.

Die Festigkeit der Drahtverbindung gegen das Aufdrehen ist durch die neuartige Verdrillungsmethode besser als bei dem herkömmlichen Verfahren. Bei der Verbindung 2, die von Schwenzer (1) als stabilste ermittelt wurde, konnte die Verdrillungsfestigkeit um ca. 45% erhöht werden.

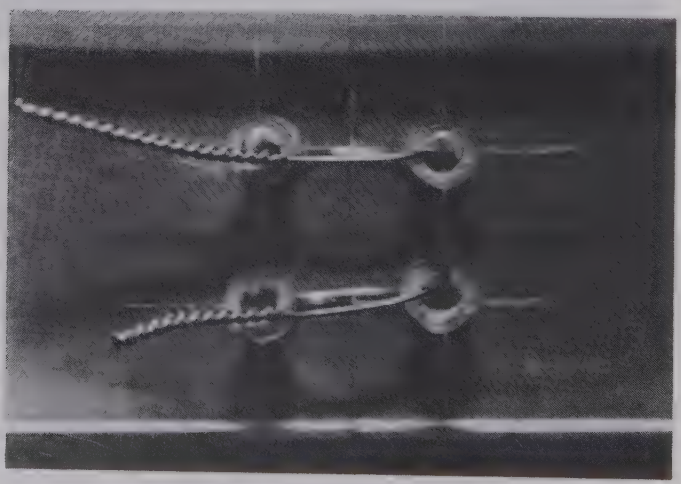


Abb. 42: Verbindung Nr. 2

9. Alternative Konstruktionen

Da bei der Herstellung der Drehwendel erhebliche Schwierigkeiten auftraten, wurden zunächst noch andere Konstruktionen in Erwägung gezogen und zum Teil auch realisiert.

Eine weitere Möglichkeit, die Zange in Rotation zu versetzen besteht darin, am Griffende einen kleinen Mikromotor anzuschrauben. Der Motor ist so in einen Griff eingebaut, daß dieser mit einer Hand gehalten werden kann und dabei gleichzeitig der Kontaktschalter am Ende betätigt wird. Bei dem Prototyp war jedoch die Ausführung des Griffes zu groß und zu schwer, besonders da der Antrieb durch zwei eingebaute Knopfbatterien erfolgte.

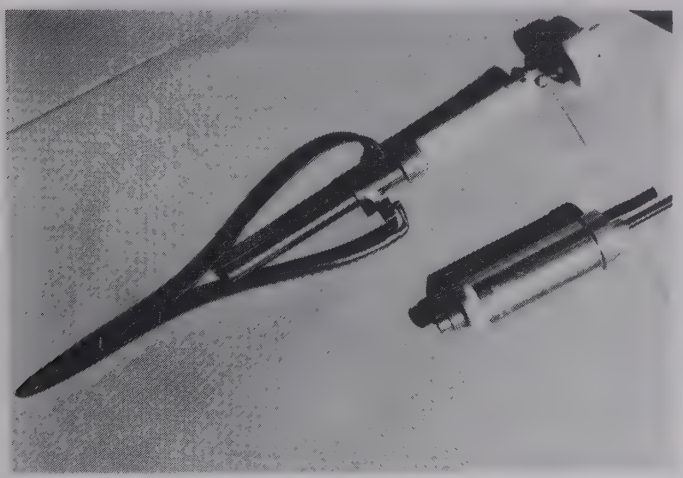


Abb. 43: Zange 3 im Größenvergleich mit dem Mikromotorantrieb

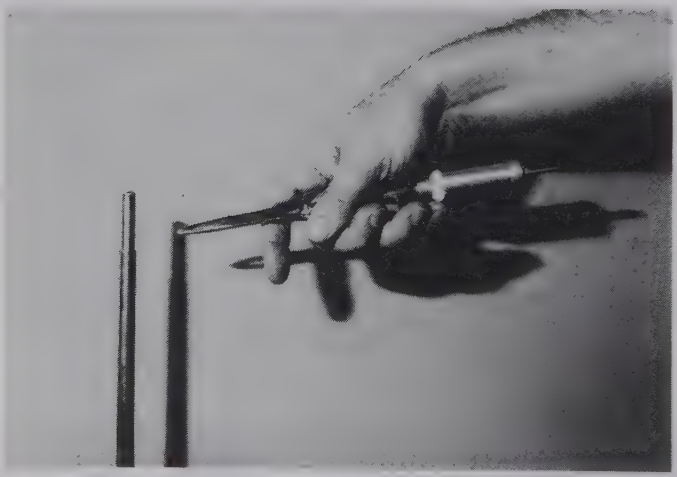


Abb. 44: Handhabung der Zange mit angeschraubtem Mikromotor

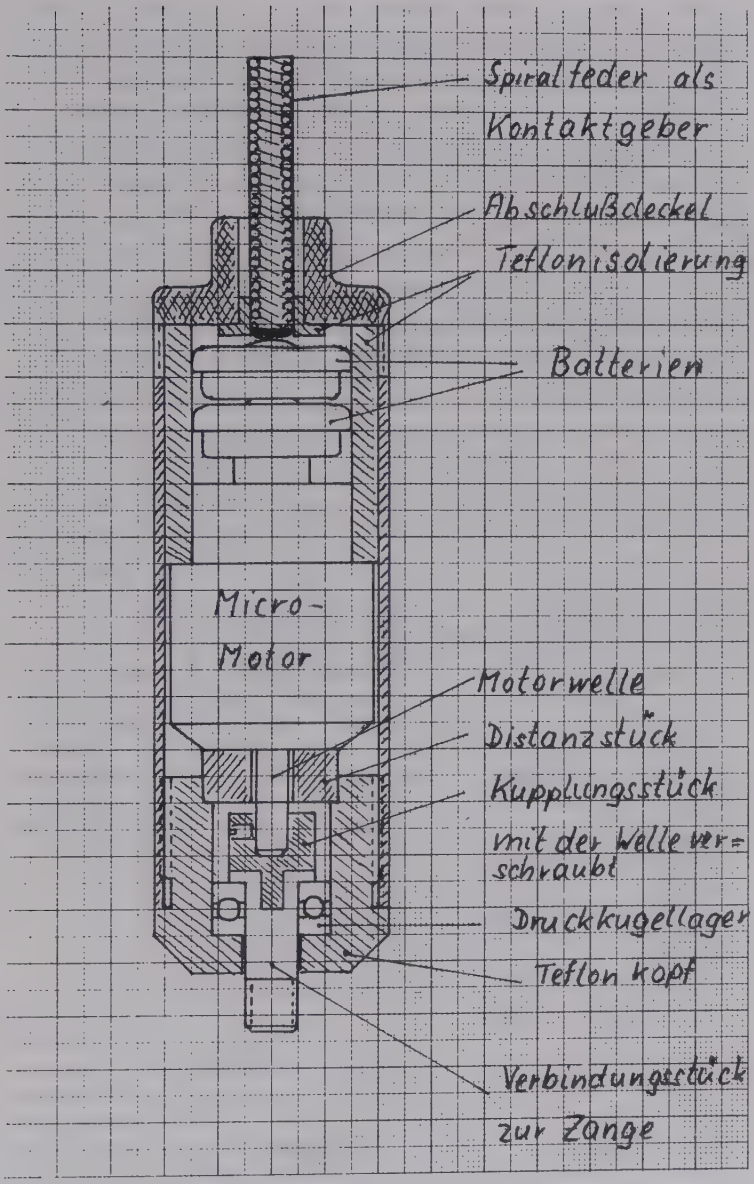


Abb. 45: Konstruktion des Drillantriebes mittels Mikromotor

Da die Unhandlichkeit dieser Ausführung offensichtlich war, wurde eine weitere Möglichkeit in der Weise konstruiert, daß in einem Knopfgriff am Ende der Zange eine Spiralblattfeder eingebaut war (siehe Abb. 46). Der Griff wurde einige Male nach rechts gedreht, dabei wurde die Feder aufgezogen und durch einen Verriegelungsmechanismus im Sinne einer Ratsche gehalten.

Wenn nun Drahtenden miteinander verdrillt werden sollten, so brauchte man nur am Knopfgriff zu ziehen, dabei löste sich die Verriegelung und die Federspannung drehte die Zange mehrmals nach rechts.

Der Vorteil bestände in der geringen Zugkraft am Draht und den zu verbindenden Frakturteilen. Nachteiliger dürfte jedoch das etwas unhandliche Aufziehen sein.

Diese Vorrichtung wurde nicht gebaut.

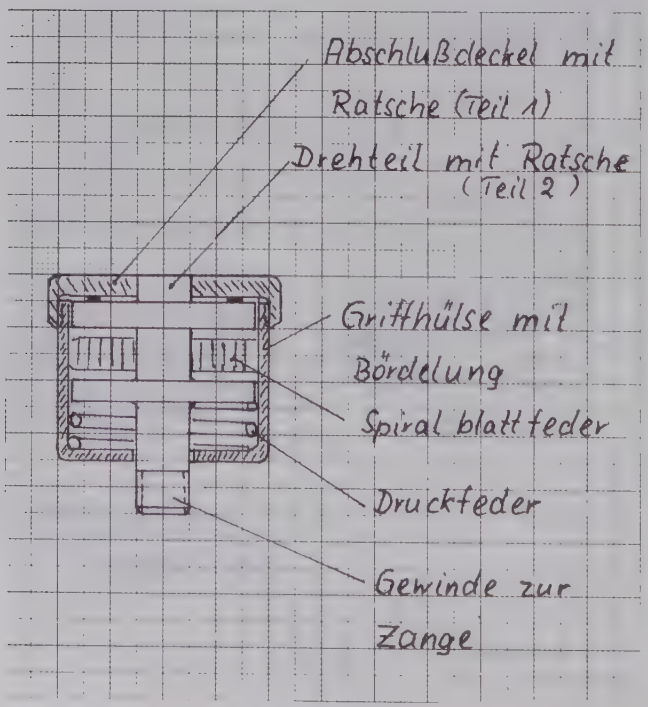


Abb. 46: Konstruktion einer Drehvorrichtung mittels Aufzugfeder

10. Zusammenfassung

Die Idee zu dieser Arbeit ergab sich aus Beobachtungen der Operationspraxis von Gesichtsschädelfrakturen mittels Drahtnähten. Das Ziel war daraufhin eine Drahtligaturenzange zu entwickeln, mit der Drahtnähte und -ligaturen einfacher, schneller und exakter herzustellen waren. Das Ergebnis war die Kombination einer eingeführten Ligaturenzange mit einer Drillvorrichtung, bei der durch Zug an einer Drehwendel die Zange in Rotation versetzt wird und zwar nach dem Prinzip eines Drillbohrers. Die Handhabung der Zange wurde in Bildserien dargestellt.

Bei den experimentellen Untersuchungen wurde die Abhängigkeit des erzeugten Drehmomentes von der Zugkraft in guter Übereinstimmung mit den theoretischen Berechnungen ermittelt. Weiterhin wurde der Kompressionsdruck einer Drahtnaht auf die zu verbindenden Frakturteile festgestellt. Die Festigkeit der Verdrillung gegen das Aufdrehen unter Zugbelastung konnte gegenüber den von Schwenzer (1) gemachten Untersuchungen eindeutig verbessert werden.

Neben diesen mechanischen Vorteilen ist durch die Schnelligkeit der Verdrillung besonders bei der Kieferschienung mit den vielen Einzelligaturen an den Zähnen ein Zeitgewinn erreicht worden.

11. Literaturverzeichnis

1. Krüger Eberhard

"Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde", Bd 2
Buch und Zeitschriften - Verlag
"Die Quintessenz", Berlin 1974

2. Schwenzer Norbert

"Zur Osteosynthese bei Frakturen des Gesichtsskelets"
Georg Thieme - Verlag, Stuttgart 1967

3. Schwenzer Norbert

"Traumatologie des Gesichtsschädels"
Schriften zur Praxis des Zahnarztes, Bd 5
Werl - Verlag Dr. Edmund Banaschewski
München Gräfelfing 1974

4. Schwenzer Norbert und
Grimm Gerhard

" Zahn-Mund-Kieferheilkunde" Bd 2
Spezielle Chirurgie
Georg Thieme - Verlag, Stuttgart New York 1981

5. Steinhilber W.

"Die operative Behandlung von Mittelgesichtsfrakturen, metallurgische, tierexperimentelle und klinische Untersuchungen."
Quintessenz - Verlag , Berlin 1976

6. Stieber Präzision, Gmbh München
Technischer Prospekt über Freiläufe

7. Szabó Istrán

"Einführung in die Technische Mechanik"
Springer - Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1963

8. Westrich Eberhard

"Sammlung mathematischer Formeln"
22. Auflage
Lindauer Verlag, München 1962

9. Ward Howard L. und Sunning Marvin

"Parodontologisches Praktikum"

Zum Schluß möchte ich mich bei all denen bedanken, die zu dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere:

Herrn Prof. Dr. Dr. N. Schwenzer, daß er mir die Möglichkeit gab, dieses Thema zu bearbeiten und für die Durchsicht des Manuskripts.

Herrn Stopper von der Werkstatt der Zahnklinik und Herrn Kürner von der Zentralwerkstatt auf der Morgenstelle für die technische Unterstützung.

Frau Ulrike Schäfer für die Ausführung der Schreibarbeiten.

Lebenslauf

Am 02.03.1942	wurde ich als Sohn des Postbeamten Josef Peuser und seiner Ehefrau Hertha geb. Hollmann in München geboren.
1948 - 1953	fünf Klassen Volksschule in Ruhpolding
1953 - 1963	Oberrealschule in Traunstein mit dem Abitur abgeschlossen
1963 - 1975	Zeitsoldat bei der Bundesluftwaffe
1966 - 1970	Ausbildung zum Dipl. Ing. (FH) (Maschinenbau) an der Fachhochschule der Luftwaffe in Neubiberg/München.
ab 1970	Tätigkeit als Technischer Offizier (Hauptmann)
1972 - 1974	Lehroffizier an der Fachhochschule der Luftwaffe
ab WS 1970	nebenberufliches Studium an der Universität München für das Lehramt an Gymnasien (Mathematik/Physik) mit Unterbrechungen
ab WS 1976	nach Fachwechsel Studium der Zahnmedizin an der Universität Tübingen
Frühjahr 1977	Vorphysikum in Tübingen
Frühjahr 1978	1. Staatsexamen für das Gymnasiale Lehramt in München
Herbst 1978	Physikum in Tübingen
26.06.1981	Staatsexamen in Zahnmedizin
06.07.1981	Bestallung als Zahnarzt
seit Sept. 1981	Ausbildungsassistent in München (Dr. F. Deister)
seit 11.02.1966	verheiratet mit Ottilie, geb. Bußkamp, wir haben zwei Kinder, Claudia (17) und Armin (16)